



CITED BY APPLICANT

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 199 37 417 C 1

51 Int. Cl. 7:
H 04 N 1/036

21 Aktenzeichen: 199 37 417.1-31
22 Anmeldetag: 7. 8. 1999
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 7. 2000

DE 199 37 417 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Agfa-Gevaert AG, 51373 Leverkusen, DE

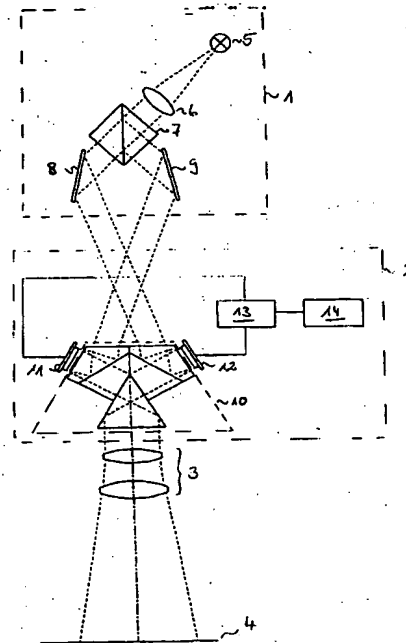
72 Erfinder:
Haider, Peter, 81545 München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 42 11 128 C2
US 58 01 814
US 51 05 299

54 Vorrichtung und Verfahren zum Belichten eines digitalen Bildes auf lichtempfindliches Material

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Belichten eines digitalen Bildes auf lichtempfindliches Material. Das digitale Bild wird vor dem Belichten an einer Recheneinheit in n digitale Teilbilder ($n \geq 2$) aufgespalten, deren Daten an eine Steuereinheit weitergegeben werden. Diese steuert entsprechend der Daten n pixelweise ansteuerbare, reflexive Lichtmodulatoren so an, daß an diesen von einer Beleuchtungseinheit beleuchteten Lichtmodulatoren n Teilbilder erzeugt werden. Die Teilbilder werden von einem Objektiv auf das lichtempfindliche Material abgebildet. Erfindungsgemäß ist zum Zusammenfügen eines Gesamtbildes aus den Teilbildern ein Prismen- oder ein Strahlteilerkomplex zwischen Beleuchtungseinheit, Lichtmodulatoren und Abbildungsobjektiv so angeordnet und aufgebaut, daß sowohl Beleuchtungs- als auch Abbildungsstrahlengang durch den Komplex hindurchtreten.



DE 199 37 417 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Belichten eines digitalen Bildes auf lichtempfindliches Material nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und Anspruch 10. Derartige Vorrichtungen und Verfahren sind aus verschiedenen Anmeldungen, die sich mit digitalen Belichtungseinrichtungen befassen, bekannt.

Ein Beispiel ist in der DE-PS 42 11 128 offenbart, in der ein Bildübertragungsverfahren beschrieben wird. Bei diesem Verfahren wird eine Bildvorlage punkt- und zeilenweise abgetastet, die einzelnen Signale werden digitalisiert und die digitalen Bildsignale mittels eines von einer Lichtquelle beleuchteten Lichtmodulators über eine Optik auf Fotopapier aufbelichtet.

Insbesondere ist auch bekannt, bei derartigen digitalen Belichtungseinrichtungen die digitalen Bilder in Teilbilder aufzuspalten. Jedes Teilbild wird dann auf einem Lichtmodulator dargestellt. Mittels einer Optik werden die Teilbilder auf dem lichtempfindlichen Material nebeneinander abgebildet, so daß sich auf dem Material wieder das Gesamtbild ergibt. Da hierbei die Auflösung des Lichtmodulators immer nur für einen Teil des Bildes ausreichen muß, können auf diese Weise auch größere Bilder in ausreichender Auflösung aufbelichtet werden, ohne daß teure, extrem hochauflösende Bilderzeugungseinrichtungen verwendet werden müssen. Bei diesem Vorgehen ist es jedoch immer problematisch, die Stellen, an denen die Teilbilder aneinanderstoßen, so abzubilden, daß kein Dichtesprung im Abbild entsteht.

Ein Beispiel für ein derartiges Belichtungsverfahren ist in der US 5,801,814 beschrieben. Hier wird das digitale Originalbild in eine Vielzahl von Teilbildern aufgeteilt. Die Teilbilder werden nacheinander auf einem LCD erzeugt und nebeneinander durch ein Projektionslinsensystem auf das lichtempfindliche Material aufbelichtet. Das Nebeneinander-Setzen der sich zu einem Gesamtbild zusammenfügenden Teilbilder des LCD-Bildes auf dem lichtempfindlichen Material wird dadurch realisiert, daß zwischen der Aufbelichtung der Teilbilder entweder das LCD, das Objektiv, ein in den Strahlengang eingebrachter Strahlteiler oder das lichtempfindliche Material bewegt wird. Um Dichtesprünge in den Stoßbereichen der nebeneinander liegenden Teilbilder zu vermeiden, werden die Teilbilder um einige Pixel überlappend aufbelichtet. Die Dichte der Pixel jedes Teilbildes wird dann im Überlappbereich umgekehrt proportional zur Anzahl der überlappenden Teilbilder reduziert. Zum exakten Nachkalibrieren unterschiedlicher, von einzelnen Pixeln übertragener Dichten werden vor der Belichtung der Bilder Sensoren in den Strahlengang der Überlappbereiche des LCD eingefahren, so daß die mehrfach belichteten Pixel ausgemessen und korrigiert werden können.

Dieses Verfahren ist für Belichtungsverfahren geeignet, bei denen es nicht auf die schnelle Produktion vieler Bilder ankommt. Es bietet sich z. B. für das Herstellen von wenig häufigen Indexprints zwischen den Standardbelichtungen an. Der Zeitverlust der durch das Nacheinander-Belichten der Teilbilder und auch das zwischen Belichtungen notwendige Kalibrieren entsteht, kann hierbei in Kauf genommen werden. Die Belichtung eines gesamten digitalen Bildes dauert bei diesem Verfahren allerdings zu lange, um es bei einem fotografischen Kopiergerät einzusetzen, bei dem fortlaufend Bilder aufbelichtet werden sollen.

Ein anderes System, das sich insbesondere für einen Zeilenbelichter zum Nebeneinander-Aufbelichten von zwei Teilbildern eignet, wird in der US 5,105,299 beschrieben. Hier werden zwei untereinander liegende Zeilen eines DMDs (Digital Micromirror Device) von einer Lampe beleuchtet, und das Licht wird von den Spiegelchen des DMDs

entsprechend der Bilddaten so moduliert, daß auf jeder DMD-Zeile eine Hälfte einer Bildzeile entsteht. Das modulierte und reflektierte Licht der beiden Bildzeilenhälften wird mittels einer aus verspiegelten Prismenflächen bestehenden Optikanordnung so umgelenkt, daß im Objekt untereinander liegende Zeilen, die jeweils eine Bildhälfte einer Zeile repräsentieren, im Bild nebeneinander dargestellt werden. Auf dem zu belichtenden Material ergibt sich dann eine durchgehende Zeile.

Ebenso wie bei allen anderen digitalen Belichtungseinrichtungen, bei denen Teilbilder auf dem Papier zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden, ergibt sich natürlich auch bei diesem Verfahren das Problem eines Dichtesprungs an den Stoßkanten der Teilbilder. Auf diese Problematik wird in der Patentschrift jedoch nicht eingegangen.

Ein spezielles Problem dieser Anordnung ergibt sich daraus, daß Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang räumlich ausreichend weit voneinander getrennt sein müssen, damit nicht der Abbildungsstrahlengang von der Beleuchtungsoptik vignettiert wird. Diese räumliche Trennung verhindert einen kompakten Aufbau des Belichtungssystems.

Dieselbe Problematik besteht bei der nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung DE 199 04 750. Hier wird vorgeschlagen, das von zwei DMDs reflektierte Licht mittels eines Strahlteilers zusammenzusetzen. Die DMDs sind beidseitig des Strahlteilers so angeordnet, daß das Licht eines DMDs durch eine Hälfte des Strahlteilers tritt. Das Licht des anderen DMDs wird von der zweiten Hälfte so reflektiert, daß die von den DMDs erzeugten Bilder nebeneinander auf lichtempfindliches Material abgebildet werden. Zur Beleuchtung ist pro DMD eine Lichtquelle vorgesehen, die an den Strahlteilern und am abbildenden Objektiv vorbei die DMDs beleuchtet. Um den Stoßbereich der nebeneinander abgebildeten Teilbilder zu korrigieren, wird in dieser Anmeldung vorgeschlagen, die zusammengesetzten Teilbilder mittels eines Strahlteilers teilweise aus dem Abbildungsstrahlengang auszukoppeln. Das ausgekoppelte Licht wird auf einen Sensor geleitet, und dort wird überwacht, ob die Belichtung im Stoßbereich gleichmäßig erfolgt. Damit kann auch während der Belichtung eine fortlaufende Korrektur der Dichte im Stoßbereich erfolgen. Nachteilig ist bei dieser Anordnung jedoch ebenso wie bei der vorhergehenden, daß ein sehr kompakter Aufbau unmöglich ist, da Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang räumlich getrennt sein müssen. Ferner ist es bei derartigen Anordnungen problematisch, die zwei Lichtmodulatoren so zu justieren, daß ihre Bilder auf dem Fotopapier exakt aneinanderstoßen.

Aufgabe der Erfindung war es deshalb, eine Vorrichtung zum Belichten digitaler Bilder, bei der an verschiedenen Lichtmodulatoren erzeugte Teilbilder gleichzeitig nebeneinander auf lichtempfindliches Material abgebildet werden, so auszubilden, daß bei einem möglichst kompakten, justagefreundlichen Aufbau der Vorrichtung keine Dichtesprünge an den Stoßbereichen der Teilbilder auftreten.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 10. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Durch das erfindungsgemäße Anordnen von Strahlteilern oder Strahlteilerprismen zwischen Beleuchtungseinheit, Lichtmodulatoren und Abbildungsobjektiv kann ein sehr kompakter Aufbau der Belichtungsvorrichtung realisiert werden, denn sowohl Beleuchtungs- als auch Abbildungsstrahlengang können durch die Strahlteiler oder -prismen geführt werden. Durch diese Strahlführung ist es möglich, die reflektierenden Lichtmodulatoren direkt auf dem die Teilbilder kombinierenden Komplex anzubringen. Das er-

möglichst einerseits den äußerst kompakten Aufbau der Belichtungsanordnung, andererseits wird es durch das Anbringen der Lichtmodulatoren auf dem Komplex vergleichsweise einfach, die Lichtmodulatoren zu justieren. Hierzu können sie beispielsweise mit einem Glaskleber beweglich auf den Komplex aufgesetzt und dort solange verschoben werden bis sich bei der Abbildung eines Testbildes auf dem lichtempfindlichen Material ein lückenloses Gesamtbild ergibt. Anschließend wird der Glaskleber gehärtet. Einmal justiert, bleiben die Lichtmodulatoren fest auf dem Komplex und auch das Austauschen von Teilen der Belichtungsanordnung, wie beispielsweise der Beleuchtungseinheit oder des Objektivs, würde keine neue Justage notwendig machen.

Bei der Verwendung von Prismenkomplexen sind diese so aufgebaut und angeordnet, daß die von der Beleuchtungseinrichtung ausgesandten Strahlen unter einem so kleinen Winkel auf die Prismengrenzflächen treffen, daß sie beim Übergang zum optisch dünneren Medium an der jeweiligen Grenzfläche auf den Lichtmodulator totalreflektiert werden. Die vom Lichtmodulator reflektierten Strahlen treffen unter einem anderen Winkel auf die Grenzfläche der Strahlteilerprismen auf als die einfallenden Strahlen, so daß sie die Grenzflächen passieren können. Bei der Transmission werden die Strahlen so abgelenkt, daß sie zusammen mit den von anderen Lichtmodulatoren reflektierten Strahlen hinter den Strahlteilerprismen ein gemeinsames Strahlenbündel ergeben, das auf dem lichtempfindlichen Material ein lückenloses Bild belichtet.

Als Lichtmodulatoren können DMDs (Digital Micro Mirror Devices), VFDs (Vakuum Fluoreszenz Displays), reflexive LCDs, GLVs (Grating Light Valve) oder jeder andere reflexive Lichtmodulator verwendet werden.

Je nach Aufbau und Anordnung von Strahlteilerkomplex und Beleuchtungsanordnung können Teilbilder einer beliebigen Zahl von Lichtmodulatoren zusammengesetzt werden. Obwohl dabei eine gerade Anzahl von Lichtmodulatoren aus Symmetriegründen einfacher realisierbar ist, sind grundsätzlich auch ungerade Zahlen von Lichtmodulatoren kombinierbar.

Für das Aufspalten der Strahlen sind sowohl physikalische als auch geometrische Strahlteiler vorstellbar. Metallische physikalische Strahlteiler haben den Vorteil, daß sie das aufgespaltene Licht farblich kaum verändern, so daß das zusammengesetzte Bild nicht in der Farbe korrigiert werden muß, sie haben jedoch den Nachteil eines großen Lichtverlusts.

Als Beleuchtungseinheit eignen sich alle möglichen mehrfarbigen Lichtquellen, wie z. B. Halogenlampen oder LEDs, deren Licht mit Strahlteilern in einem gemeinsamen Strahlengang vereinigt wird. Wichtig für die Beleuchtung ist nur, daß das Licht für alle Lichtmodulatoren möglichst von derselben Lichtquelle kommt. Abhängig vom Aufbau der Strahlteilerkomplexe kann das Licht der Beleuchtungseinheit direkt auf die Lichtmodulatoren gelenkt werden oder das Licht der Beleuchtungseinheit wird durch zusätzliche Strahlteiler erst einmal so aufgeteilt, daß sich mehrere virtuelle Bilder dieser einen Lichtquelle ergeben, die dann jeweils einen Lichtmodulator beleuchten. Der Vorteil nur einer Beleuchtungseinheit zum Beleuchten mehrerer Lichtmodulatoren liegt darin, daß Veränderungen der Beleuchtungseinheit sich auf alle von den Lichtmodulatoren erzeugten Teilbilder gleich auswirken, so daß im Gesamtbild keine Dichtesprünge aufgrund unterschiedlicher Schwankungen an den Stoßkanten der Teilbilder zu erkennen sind.

Die Anordnung von Beleuchtungseinheit, Beleuchtungsoptik, Strahlteilerkomplex, Lichtmodulatoren sowie Abbildungsoptik sollte symmetrisch so erfolgen, daß sowohl die

Strahlengänge, die die Lichtmodulatoren beleuchten, als auch die Strahlengänge, die das auf den Lichtmodulatoren erzeugte Bild auf das lichtempfindliche Material abbilden, für jeden Lichtmodulator gleich lang sind. Das ist die Voraussetzung dafür, daß ein Köhler'scher Strahlengang realisiert werden kann. Bei diesem muß die Beleuchtungsoptik so angeordnet und aufgebaut sein, daß das Bild der Lichtquelle in die Pupille der Abbildungsoptik abgebildet wird, und die Abbildungsoptik muß so gestaltet sein, daß die Pupille der Beleuchtungsoptik gleichzeitig die Luke der Abbildungsoptik wird. Durch diesen Strahlengang wird gewährleistet, daß keine Ortsinformation der Lampe in das Bild übertragen wird. Durch das Auslöschen jeglicher Ortsinformation und das Verwenden nur einer Lichtquelle wird verhindert, daß zeitliche Veränderungen, die lokal an einer Stelle in der Lampe entstehen, am Rand eines Teilbildes zu sehen sind, am Rand des anstoßenden aber nicht, was Dichtesprünge im Stoßbereich zur Folge hätte.

Anstelle der Realisierung des Köhler'schen Strahlengangs kann der Strahlengang zur Verhinderung von Dichtesprüngen auch so aufgebaut werden, daß das den Stoßbereich der Teilbilder abbildende Licht von derselben Stelle der Beleuchtungseinheit kommt.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen im Zusammenhang mit der Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die anhand der Zeichnungen eingehend erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen digitalen Belichtungsanordnung, bei der Abbildungs- und Beleuchtungsstrahlengang durch einen Strahlteiler-Prismenkomplex geführt werden,

Fig. 2 schematisch einen Strahlteiler-Komplex mit geometrischen Strahlteilern, der so aufgebaut ist, daß mehr als zwei Lichtmodulatorenbilder zusammengefügt werden und

Fig. 3 schematisch einen Strahlteilerkomplex mit physikalischen Strahlteilern, der so aufgebaut ist, daß mehr als zwei Lichtmodulatorenbilder zusammengefügt werden.

Fig. 1 zeigt eine Beleuchtungseinheit 1, deren Licht auf eine Bildgeneriereinheit 2 geleitet wird, in der das Licht moduliert wird, so daß ein Bild entsteht, das durch die Abbildungsoptik 3 auf Fotopapier 4 aufbelichtet wird. Die Beleuchtungseinheit weist eine Lichtquelle 5 auf, die mehrfarbiges Licht aussendet. Als Lichtquelle eignet sich hier beispielsweise eine Halogenlampe oder rote, grüne und blaue LEDs, deren Licht über dichroitische Spiegel in einem Strahlengang vereinigt wird. Das Licht der Lichtquelle wird über eine Beleuchtungsoptik 6 auf einen Strahlteiler 7 gelenkt, von dem das Licht in zwei symmetrische Strahlengänge aufgespalten wird, so daß sich zwei getrennte Lichtwege über die Spiegel 8 und 9 ergeben. Das von den Spiegeln reflektierte Licht wird von einem Strahlteiler-Prismenkomplex 10 umgelenkt und auf reflexive Lichtmodulatoren 11 und 12 geleitet. Als reflexive Lichtmodulatoren werden im Ausführungsbeispiel DMDs verwendet. Prinzipiell ist bei diesem Aufbau jedoch jeder beliebige reflexive Lichtmodulator einsetzbar. Die Lichtmodulatoren werden von einer Steuereinheit 13 – entsprechend den von einer Recheneinheit 14 ermittelten Bilddaten – angesteuert, so daß sie das einfallende Licht je nach Bilddaten pixelweise in den Abbildungsstrahlengang oder von diesem weg reflektieren. Das in den Abbildungsstrahlengang reflektierte, modulierte Licht wird von beiden DMDs in je einem Abbildungsstrahlengang erneut in den Prismenkomplex 10 eingeleitet, von dem es so umgelenkt wird, daß die beiden Abbildungsstrahlengänge zu einem Strahlengang vereinigt werden. Aus dem Prismenkomplex tritt ein Strahlengang, der über die Abbildungsoptik 3 das Fotopapier 4 belichtet, so daß sich auf diesem das

Abbild des digitalen Bildes ergibt.

Das digitale Bild wird von der Recheneinheit 14 in zwei Teilbilder aufgeteilt, so daß von den DMDs jeweils nur ein Teil des Gesamtbildes erzeugt werden muß. Die von den DMDs erzeugten Teilbilder werden dann durch das Abbildungssystem auf dem Fotopapier wieder zu einem Gesamtbild zusammengefügt. Durch dieses Vorgehen ist es möglich, ein Bild mit höherer Auflösung zu erzeugen, als dies bei der Abbildung des gesamten Bildes mit nur einem DMD möglich wäre. Zu beachten ist hierbei jedoch, daß sich an der Stelle, an der die Teilbilder zusammentreffen, keine Dichtesprünge ergeben dürfen. Um dies zu vermeiden, muß die Vorrichtung so justiert und kalibriert werden, daß die Randpixel beider DMDs genau aneinanderstoßen und im Stoßbereich von beiden DMDs exakt die gleiche Lichtmenge übertragen wird. Ferner muß gewährleistet sein, daß Veränderungen der Lichtquelle sich auf die Pixel beider DMDs, die dem Stoßbereich entsprechen, gleich auswirken.

Diesen Anforderungen wird dadurch Rechnung getragen, daß durch den Strahlteiler in der Beleuchtungseinheit ein identisches virtuelles Bild der Lichtquelle erzeugt wird. Das von Lichtquelle und virtuellem Bild der Lichtquelle ausgesandte Licht beleuchtet jeweils ein DMD, so daß sich eventuelle Veränderungen der Lichtquelle auf beide DMDs identisch auswirken. Um sicherzustellen, daß nicht nur die Gesamtlichtmenge pro DMD gleich ist, sondern auch jedes DMD gleichmäßig beleuchtet wird, muß vorzugsweise jegliche Ortsinformation der Lampe ausgelöscht werden. Hierfür muß gewährleistet werden, daß von jedem Ort der Lampe Licht auf jedes Pixel des DMDs fällt. Diese Bedingung ist in der Pupille der Beleuchtungsoptik erfüllt. Sobald diese Pupille mit dem abzubildenden Objekt (hier die DMDs) zusammenfällt, ist die Voraussetzung für eine gleichmäßige Ausleuchtung des Objekts gegeben. Wenn die beiden Strahlengänge exakt gleich lang sind, kann der Strahlengang so aufgebaut werden, daß eine Köhler'sche Beleuchtungsanordnung realisiert wird. Eine Köhler'sche Beleuchtungsanordnung ist in Lehrbüchern der Optik (z. B. Gottfried Schröder, "Technische Optik", 7. Auflage, 1990, S. 152-153) beschrieben.

Mit einem derartigen Strahlteilerkomplex ist es natürlich genauso gut möglich, mehr als zwei Teilbilder zu einem Gesamtbild zusammenzusetzen. Eine mögliche Ausführungsform für das Zusammensetzen von vier Teilbildern zu einem Gesamtbild ist in Fig. 2 dargestellt. Die abzubildenden Teilbilder werden an vier DMDs 15, 16, 17 und 18 erzeugt. Dazu werden die DMDs von einer Beleuchtungseinheit beleuchtet, die so aufgebaut ist, daß eine reale Lichtquelle über Zwischenbilder auf vier virtuelle Bilder abgebildet wird, wobei alle Lichtquellenbilder identisch sind.

Das Erzeugen der Teilbilder geschieht dadurch, daß Licht einer Lichtquelle 19 über ein Objektiv 20 auf einen ersten Strahlteiler 21 abgebildet wird. Dieser erzeugt ein virtuelles Bild der Lichtquelle. Das Licht von virtuellem Bild und Lichtquelle wird über zwei Umlenkspiegel 22 und 23 auf zwei weitere Strahlteiler 24 und 25 geleitet. Durch die Strahlteiler entstehen weitere virtuelle Bilder. Deren Strahlenbündel werden durch die Umlenkspiegel 26, 27, 28 und 29 auf den Strahlteilerkomplex 30 gelenkt, auf dem auch die DMDs angeordnet sind. Im Strahlteilerkomplex werden die Beleuchtungsstrahlen auf die DMDs reflektiert, an denen sie dann entsprechend der Bilddaten des jeweiligen Teilbildes moduliert werden. Das vom DMD modulierte und reflektierte Licht durchläuft erneut den Strahlteilerkomplex und wird von diesem derart umgelenkt, daß das von den vier DMDs reflektierte Licht zu einem Gesamtstrahl vereinigt wird, in dem die Teilstrahlen der vier Teilbilder ohne eine Überlappung oder einen Zwischenraum nebeneinander lie-

gen. Auch in dieser Anordnung ist gewährleistet, daß alle vier Beleuchtungsstrahlengänge exakt gleich lang sind, so daß der Köhler'sche Strahlengang realisiert werden kann.

Anstelle dieses geometrischen Strahlteilerkomplexes kann ebenso gut ein Komplex aus physikalischen Strahlteilern verwendet werden. Ein möglicher Komplex aus physikalischen Strahlteilern, der die Aufgabe der Erfindung löst, ist in Fig. 3 dargestellt. An teildurchlässigen Flächen 31, 32 und 33 werden die von den DMDs 34, 35, 36 und 37 erzeugten Teilbilder zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. Auf dem Fotopapier entsteht dann ein Gesamtbild, das aus vier nebeneinander liegenden Teilbildern aufgebaut ist. Dadurch kann die ursprüngliche Auflösung, die sich bei Verwendung nur eines DMDs ergäbe, in einer Richtung vervierfacht werden.

Um die Auflösung auch in der anderen Dimension zu erhöhen, wäre vorstellbar, weitere DMDs - in der Abbildung gestrichelt angedeutet - am Strahlteilerkomplex anzubringen. Diese sind ober- bzw. unterhalb der Zeichenebene angeordnet, so daß ihre Bilder auf dem Fotopapier neben den in einer Linie angeordneten vier Bildern der DMDs 34, 35, 36, 37 zu liegen kommen.

Prinzipiell ist dieses System beliebig erweiterbar, indem immer weitere DMDs in einer zusätzlichen Ebene angeordnet werden.

Auch in der Zeichenebene kann die Anzahl von abzubildenden DMDs erhöht werden. Hierzu müssen die DMDs an einer Seite eines Strahlteilers mit Abstand zueinander gesetzt werden, wobei der Abstand ein Vielfaches einer DMD-Länge beträgt. Dabei entstehen Lücken im Bild, die durch Bilder von DMDs anderer Strahlteilerseiten ausgefüllt werden.

Eine ähnliche Erweiterung ist auch für die in Fig. 2 beschriebene Anordnung möglich.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Belichten eines digitalen Bildes auf lichtempfindliches Material mit einer Recheneinheit zum Aufspalten des digitalen Bildes in n digitale Teilbilder ($n \geq 2$), wenigstens einer Steuereinheit zum Ansteuern von n pixelweise ansteuerbaren, reflexiven Lichtmodulatoren zum Erzeugen der n Teilbilder, einer Beleuchtungseinheit zum Beleuchten der Lichtmodulatoren und einem Objektiv zum Abbilden der Teilbilder auf das lichtempfindliche Material, dadurch gekennzeichnet, daß ein Prismen- oder ein Strahlteilerkomplex zum Kombinieren der Teilbilder zwischen Beleuchtungseinheit, Lichtmodulatoren und Abbildungsobjektiv so angeordnet und aufgebaut ist, daß sowohl Beleuchtungs- als auch Abbildungsstrahlengang hindurchtreten.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtmodulatoren fest auf dem Prismen- oder Strahlteilerkomplex angebracht sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtmodulatoren DMDs sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Strahlteiler zum Aufspalten der Beleuchtungseinheit in n Bilder der Beleuchtungseinheit vorgesehen sind, die jeweils einen Lichtmodulator beleuchten.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit LEDs aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Lichtmodulatoren und die Prismen des Prismenkomplexes symmetrisch zur optischen Achse angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei Lichtmodulatoren und die Prismen des Prismenkomplexes symmetrisch zur optischen Achse angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vier Lichtmodulatoren und Strahlteilerblöcke mit physikalischen Strahlteilern vorgesehen sind. 5
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Beleuchtungseinheit, Lichtmodulatoren und Objektiv so angeordnet sind, daß der Köhler'sche Strahlengang realisiert ist. 10
10. Verfahren zum Belichten eines digitalen Bildes auf lichtempfindliches Material, bei dem das digitale Bild in n digitale Teilbilder ($n \geq 2$) aufgespalten, von diesen auf n reflexiven, pixelweise ansteuerbaren, von einer Beleuchtungseinheit beleuchteten Lichtmodulatoren sichtbare Teilbilder erzeugt und die erzeugten Teilbilder durch ein Objektiv nebeneinander auf das lichtempfindliche Material abgebildet werden, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugten Teilbilder durch einen Prismen- oder einen Strahlteilerkomplex zusammengesetzt werden, durch den auch das Licht der Beleuchtungseinheit auf die Lichtmodulatoren gelenkt wird. 20
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß durch Strahlteiler mehrere Bilder der Beleuchtungseinheit erzeugt werden. 25
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtmodulatoren fest auf dem Prismen- oder Strahlteilerkomplex angebracht werden. 30

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

35

40

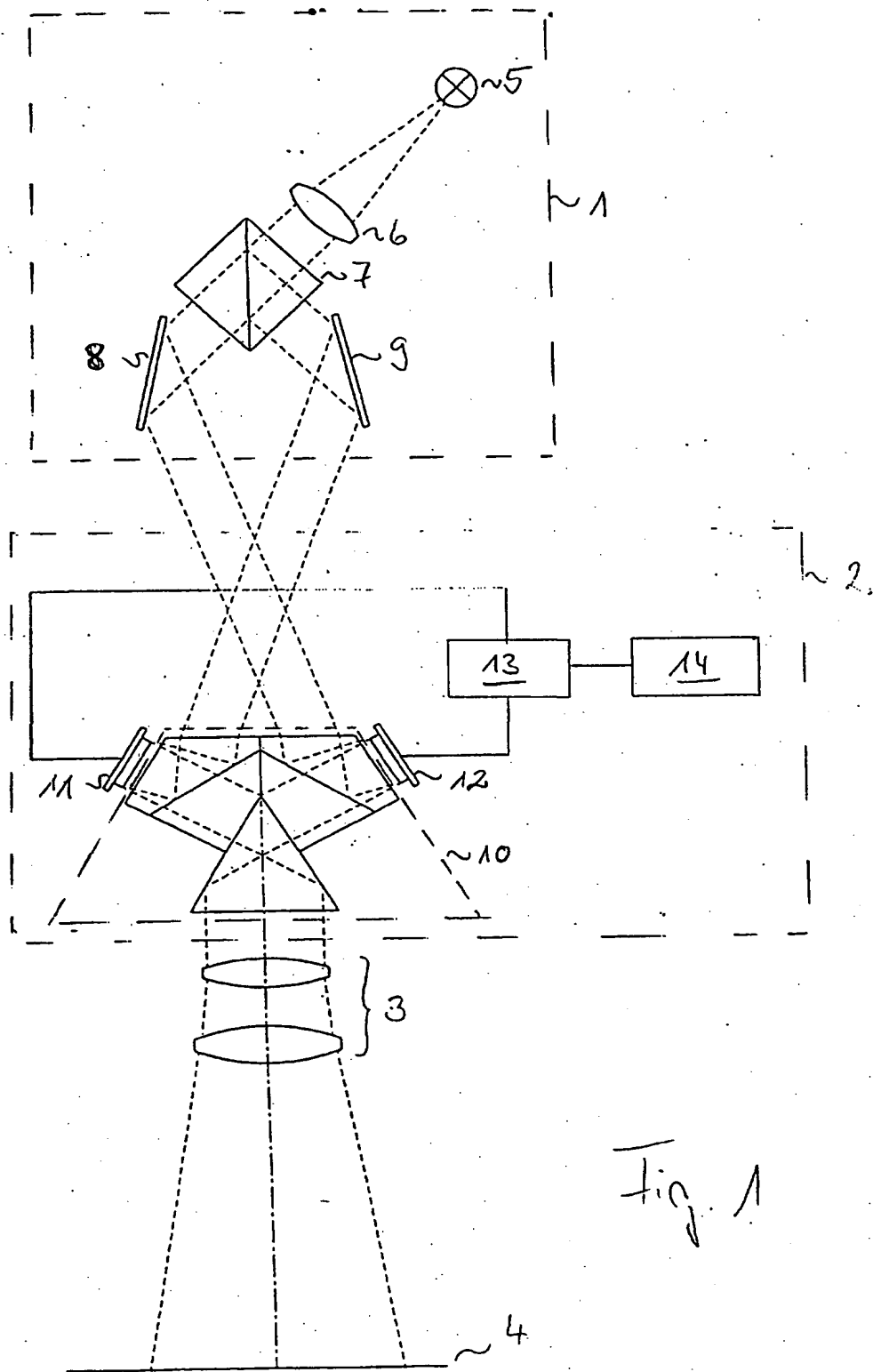
45

50

55

60

65



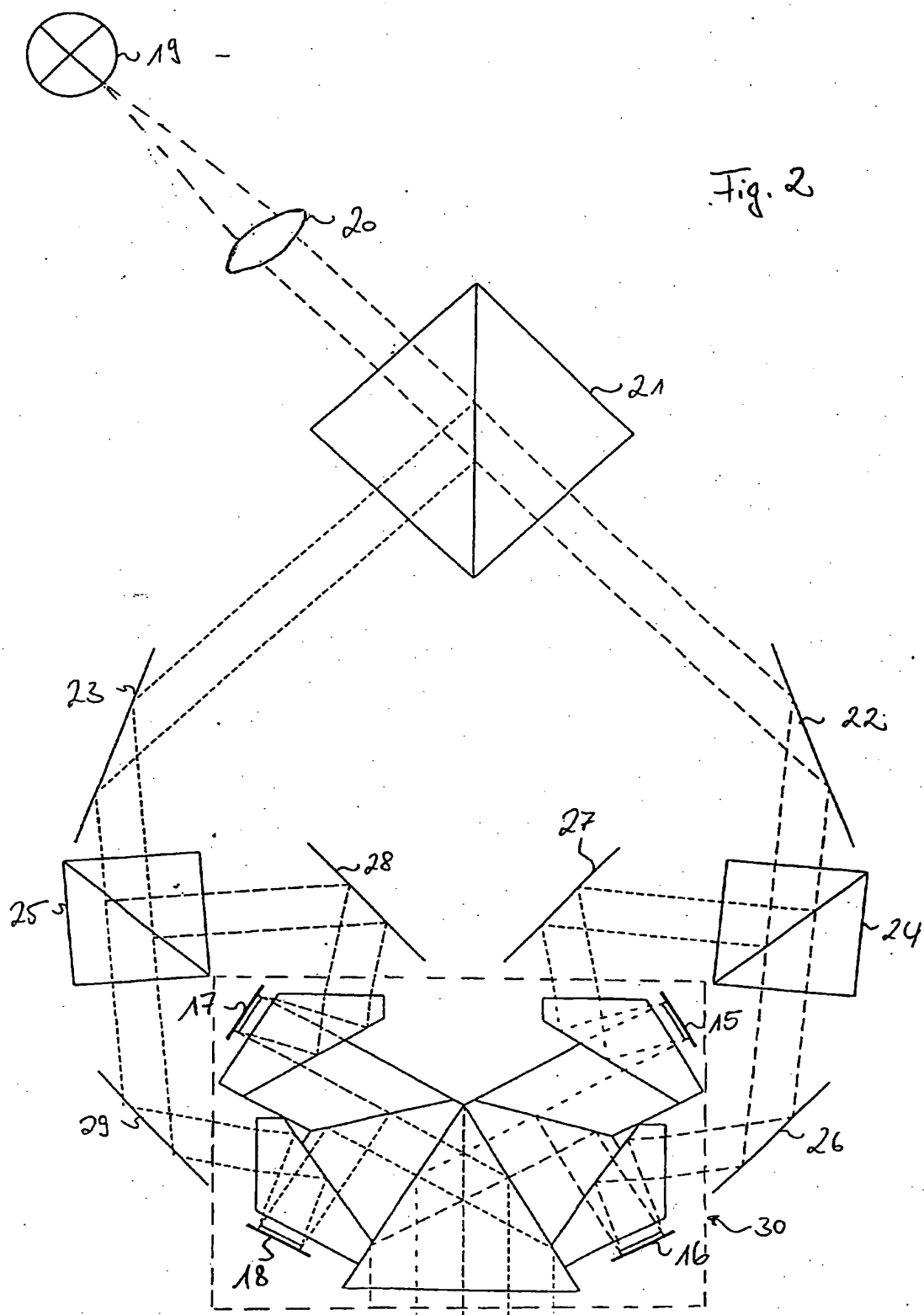
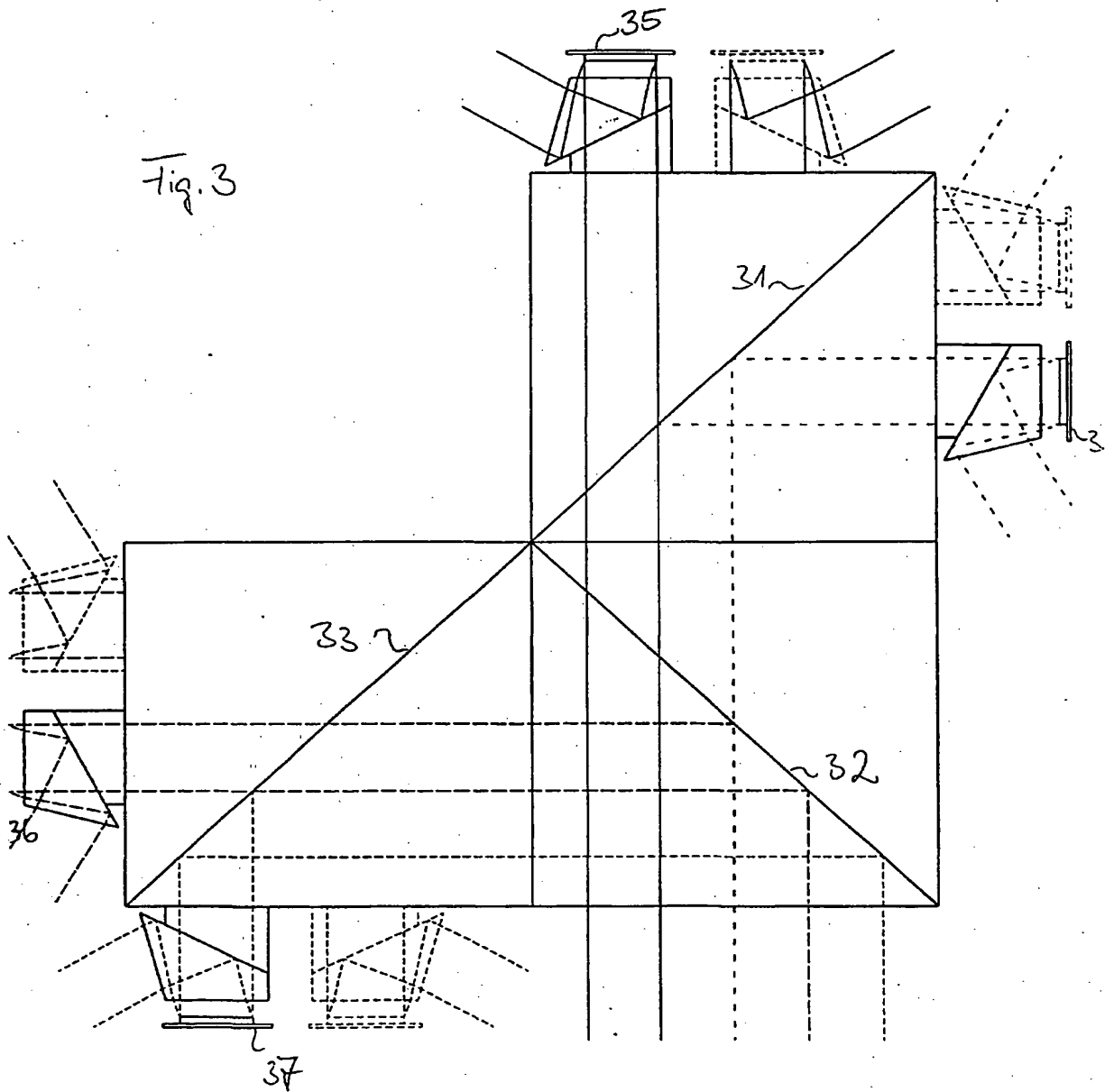


Fig. 3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.